

TRABAJO PRACTICO Nº 2
DISEÑO AMBIENTALMENTE CONSCIENTE II
Integración de sistemas solares térmicos en grandes edificios

En el teórico pudimos ver los conceptos básicos referidos a la energía solar y los sistemas para aprovecharla. Así clasificamos a estos en pasivos y activos. Donde los sistemas solares pasivos son los sistemas térmicos de captación y almacenamiento de energía que ponen en juego elementos de la arquitectura y cuyo funcionamiento es autónomo (Izard - Guyot, 1982) mientras los activos incorporan sistemas mecánicos para su funcionamiento como motores, bombas, etc. El funcionamiento autónomo de los sistemas pasivos se debe principalmente a los fenómenos físicos de la radiación y la convección natural.

En la figura 1 puede verse una clasificación de los sistemas solares pasivos y activos. En el primero de los casos lo podemos subdividir en función del modo de captación y distribución de la energía solar en directos e indirectos. En los directos se encuentra por ejemplo una ventana vidriada junto al invernadero que es una proyección volumétrica de esta. En los indirectos existe una amplia variedad de subsistemas que incorporan masa térmica para acumular la energía recibida durante el día. Los más conocidos y utilizados son los desarrollados por Trombe y Michel en Francia a fines de los '60 y durante los '70. Una variación mejorada de estos desarrollos lo utilizaremos en el trabajo práctico y es un sistema de colector solar de aire caliente (ver figura 2) desarrollado para el edificio que contiene al Horno Solar de Odeillo ubicado en los pirineos al sur de Francia.

El otro sistema solar que utilizaremos es el colector solar plano para el calentamiento de agua. Es un sistema comercial bastante difundido en nuestro país con el que trabajaremos para tratar de cubrir la demanda de agua caliente en nuestro edificio sea de oficinas o viviendas. Para esto utilizaremos la azotea del edificio que de superficie inútil la trasformaremos en una superficie generadora de energía y donde además los colectores servirán de protección solar en los meses de verano reduciendo la carga térmica en el último piso.

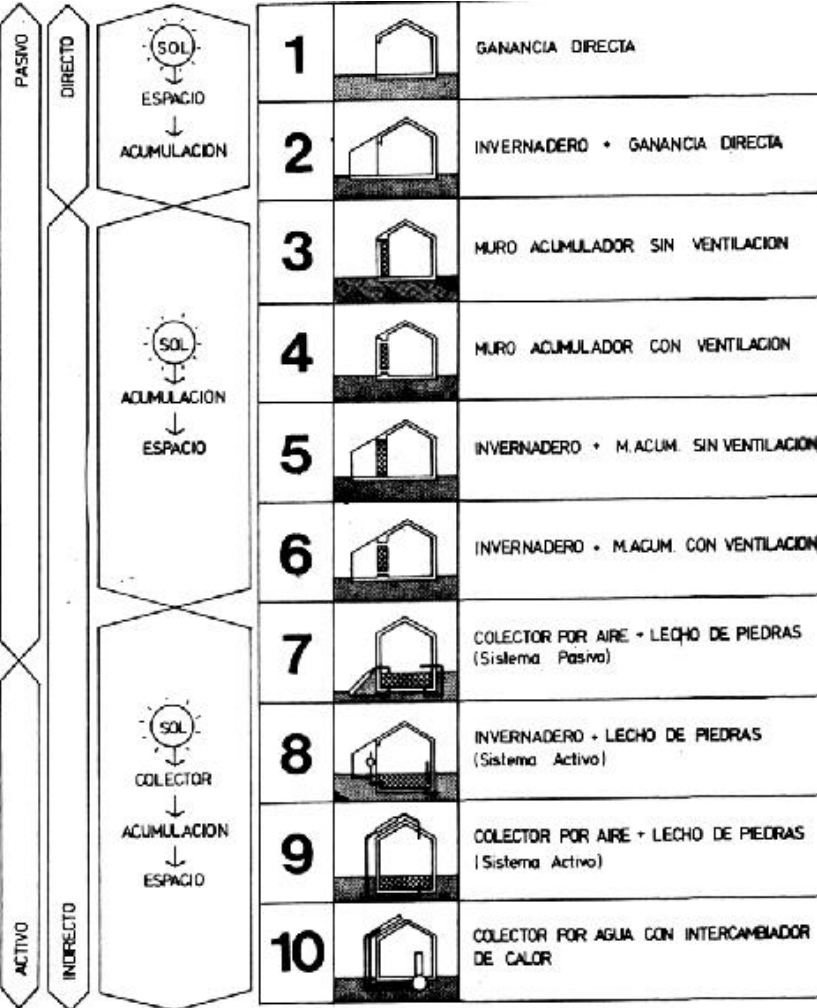


Figura 1: Clasificación de sistemas solares (Evans M. y Schiller S, 1988)

En cuanto a la factibilidad de utilización de sistemas solares en la región metropolitana de Buenos Aires (zona IIb, IRAM 11603), son varios los utilizables: si nos atenemos a lo recomendado por Evans debiéramos utilizar la ganancia directa, el muro Trombe o acumulador y el techo colector. Esto debido a que en nuestra zona los grados día son de alrededor de 1000°C, la amplitud térmica es menor a 15°C que nos clasifica como húmeda y la radiación solar media en el plano horizontal y vertical ronda los 100 W/m².

El comportamiento respecto del confort higrotérmico puede verse en la figura 3 y los datos climáticos medios en la tabla 1. Del análisis de estos datos surge que posee veranos suaves (tmáxmed= 28,5°C) e inviernos poco rigurosos (tmínmed= 6,7°C) con alta humedad ambiente (HR= 71 y 86%) y vientos predominantes desde el río de baja intensidad.

Respecto del diseño en relación al clima hemos comenzado a ver que no es algo tan contemporáneo y yendo más atrás en el tiempo algunas de estas ya eran conocidas en el mundo greco-romano. Durante las crisis energéticas los romanos llegaron a adoptar la técnica solar griega, desarrollándola y adaptándola a los diferentes climas del imperio, empleando el vidrio en el cerramiento de las ventanas a fin de incrementar la ganancia de calor solar evitando las pérdidas, y aplicándola en invernaderos y edificios públicos tales como los baños. La arquitectura solar se convirtió en parte tan consustancial de la vida que la garantía de los derechos al sol, es decir, el derecho a que la casa del prójimo no se interpusiera entre el Sol y la casa propia, quedaría finalmente incorporada a la ley romana. (Espí, 1999.) El conocido tratadista Vitruvio ya aconsejaba: "Si deseamos que nuestros diseños de casas sean correctos debemos comenzar por tomar buena nota

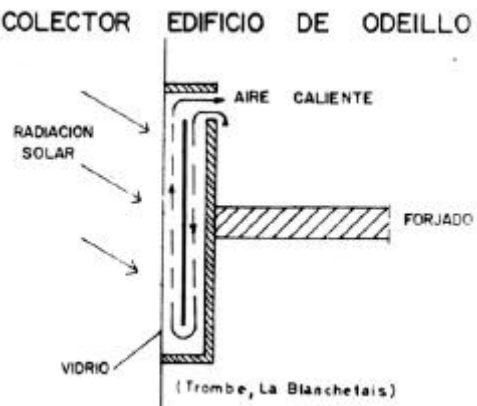


Figura 2: Corte esquemático del colector solar liviano de aire caliente en Odeillo, Francia. (Trombe y Michel, 1967).

de los países y climas en que estas van a construirse. Un tipo de casa parece apropiado para Egipto, otro para España... otro aún diferente para Roma, y así sucesivamente con las tierras y países de características diferentes. Ello es tal porque una parte de la tierra se encuentra directamente situada bajo el curso del sol, otra dista mucho de él, mientras que otras se encuentran a medio camino entre las anteriores... Es evidente que los diseños de casas deberían conformarse a las diversidades del clima". Podemos ver que estas palabras resultan actuales a pesar de los dos mil años que han transcurrido. Además Vitrubio especificaba el lugar de la casa donde debían situarse cada habitación, según el uso de ésta a fin de lograr mayor confort. Así, por ejemplo, los comedores invernales se recomendaba orientarlos al atardecer invernal y los estivales al norte. Pensemos en cuanto hemos retrocedido en la enseñanza de la arquitectura ya que la mayoría de los profesionales reconoce el "... derecho al sol." que estipulaban los código de edificación griegos y romanos.

En cuanto a los colectores solares planos para el calentamiento de agua son ya un desarrollo de principios del siglo XX (Bailey, 1911) y tenían un gran éxito comercial bajo la marca "Climax". Ese colector estaba compuesto por una serpentina de cobre soldada sobre una chapa metálica pintada de negro dentro de una caja aislada térmicamente con fieltro y con un vidrio plano en la parte superior, no necesitaba bomba para impulsar el agua entre el colector y

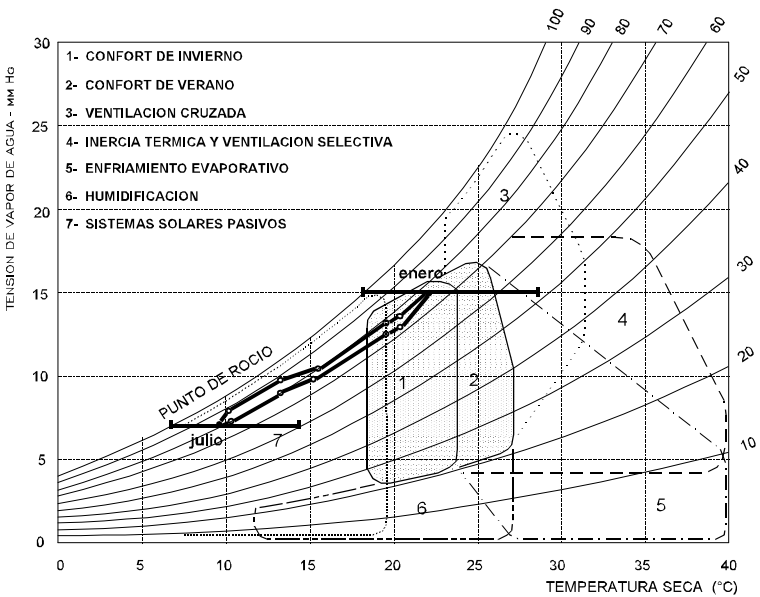


Figura 3: Situación de confort higrotérmico de la ciudad de La Plata, Argentina. Según modelo de B. Givoni. (Czajkowski, 1994)

Estación	tmed °C	t máximed °C	t mínmed °C	HR %	VV km/h	Heliofanía relativa %
Verano	22,4	28,5	17,6	71	12	68
Invierno	9,7	14,6	6,7	86	11	42
Anual	16,2	21,5	12,0	79	11	55

Tabla 1 Resumen de datos climáticos de la ciudad de La Plata, Buenos Aires, Argentina.

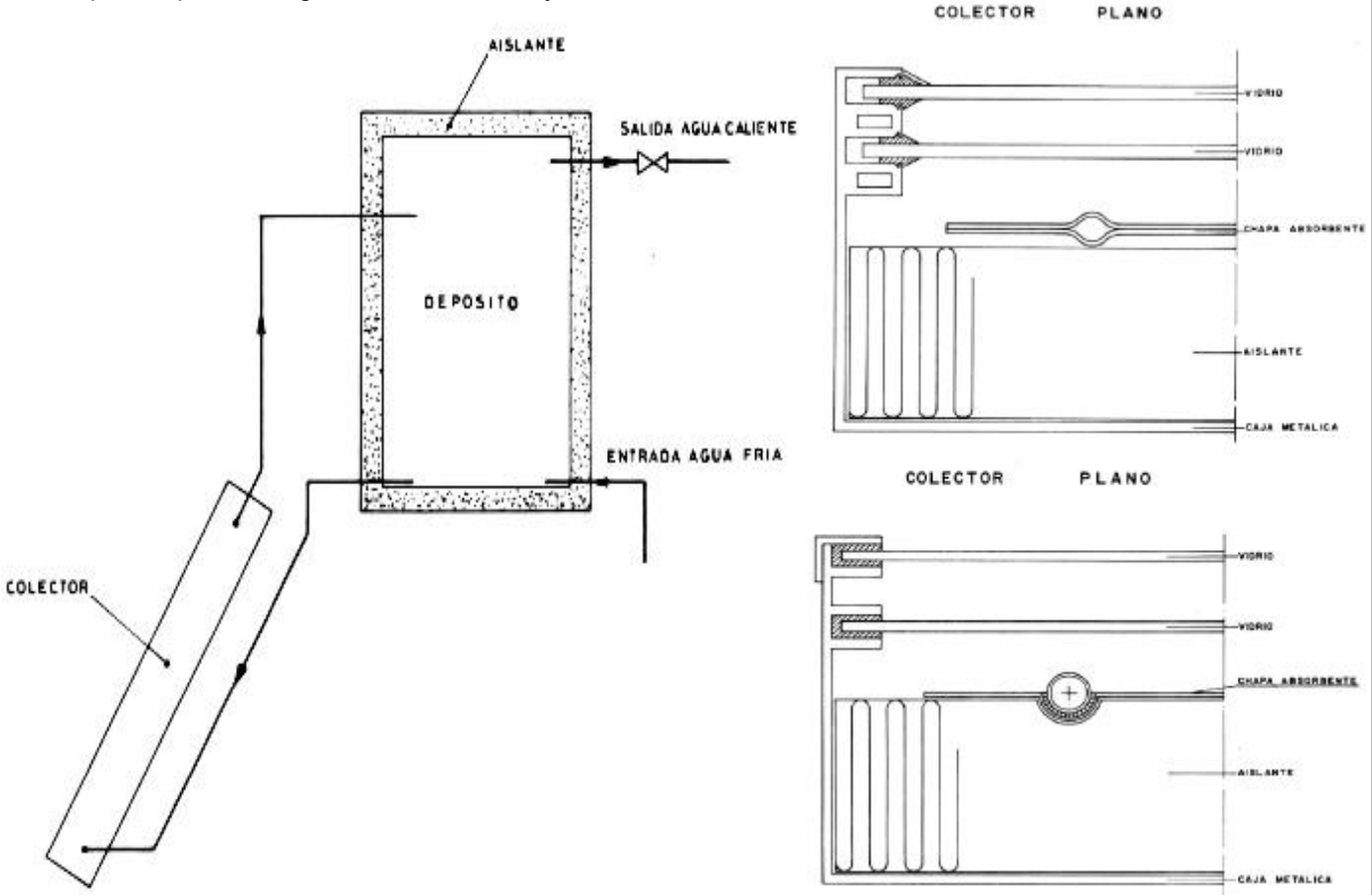


Figura 4: Esquema de sistema de calentamiento de agua solar por termosifón. Figura 5: Cortes de dos colectores solares planos tipo indicando sus componentes básicos.

el depósito acumulador. Trabajaba según el principio del termosifón (el agua caliente es más ligera que la fría y tiende a elevarse por sí sola), utilizando la energía del sol. El depósito acumulador se situaba por encima del colector, con lo que el agua fría en su parte baja descendía por gravedad a través de un tubo de cobre hasta la entrada del colector. El flujo cíclico continuaba en tanto el agua del colector estuviera más caliente que la contenida en la base del depósito. Para garantizar suficiente agua caliente en épocas de mal tiempo o períodos de mucho uso, Bailey recomendaba a los clientes añadir un calentador auxiliar. El sistema podía conectarse a una cocina de leña, un calentador a gas o un horno de carbón. Un esquema del sistema exactamente igual al usado en la actualidad podemos verlo en la figura 4, mientras en la figura 5 se muestran dos secciones de colectores planos típicos.

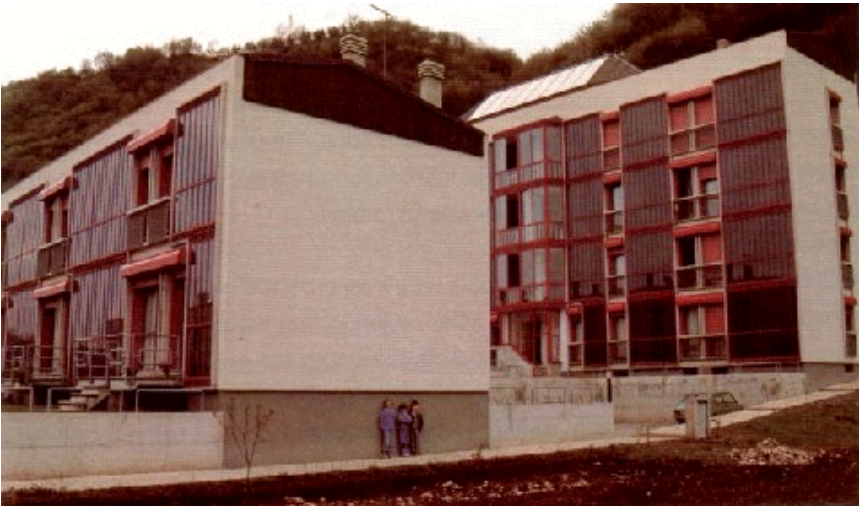


Figura 6: Conjunto de viviendas solares de alta densidad en Maróstica, Italia. Barra, 1986

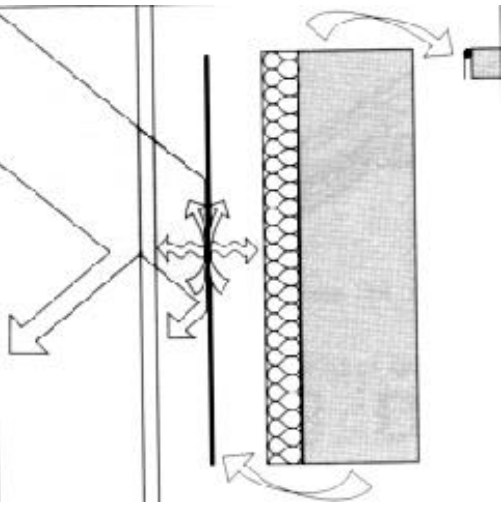
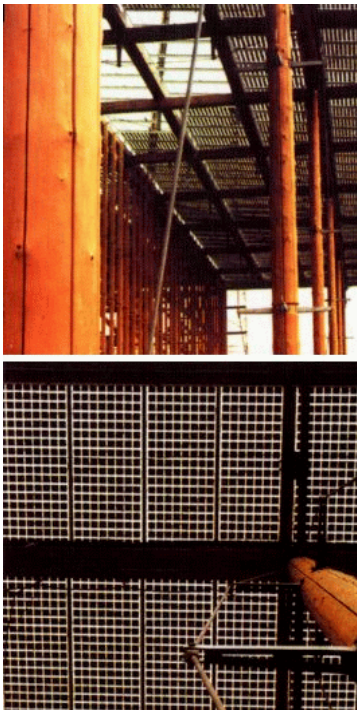
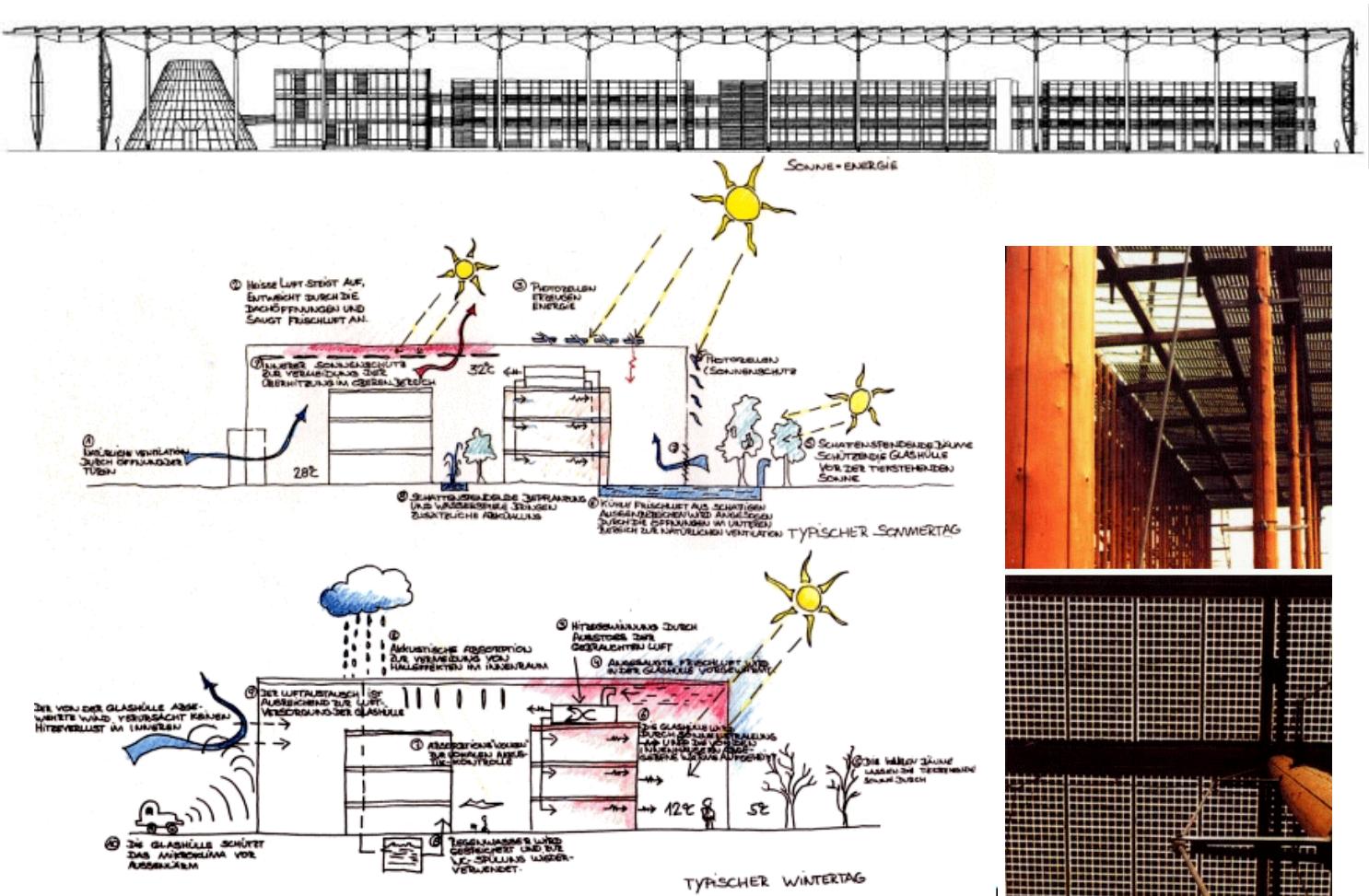


Figura 7: Sección del muro colector TAP (Termosiphon air panel), en modo calefacción.

Los edificios solares tuvieron varios períodos de desarrollo durante el siglo XX. Una primer fase que podríamos denominar “pionera” que va desde el Palacio de Cristal de Paxton construido para la Exposición Universal de Londres en 1851 hasta El edificio Larkin en Buffalo (EEUU) de F.L.Wright en 1904. Una segunda fase experimental comienza en 1938 cuando el Gobierno Federal le otorga al MIT 680.000 U\$S para que desarrollo tecnología solar con fines domésticos. En esa época se construyen las primeras casas solares pasivas y activas que dura hasta pasada la crisis del petróleo del '73 donde se da un gran impulso a la investigación y desarrollo. En Europa hay un gran desarrollo en las décadas del 70-80 (Figuras 6-7). La última fase comienza en 1992 con la reunión de Río de Janeiro donde se discute el problema del Cambio Climático y se trazan propuestas y compromisos para reducir las emisiones. Esto se refrenda en Kioto donde los países europeos toman la vanguardia en la implementación efectiva de tecnologías sostenibles. Con las Normas serie ISO 14.000 los Arquitectos e Ingenieros del mundo desarrollado se ven impulsados a concebir y construir edificios o conjuntos de ellos que posean emisiones cercanas a cero o negativas. Uno de los ejemplos más notables es el innovador Centro Cultural Mont - Cenis (Ruhr, Alemania) concurso ganado por el Estudio Jourda & Perraudin de París y HHS Planer + Architekten BDA de Kassel, en 1991 y finalizado en 1999.

Este Edificio Usina ahorra un 23% de energía en calefacción respecto de otros similares con el mismo nivel de aislación. Ha reducido un 18% las emisiones de CO₂ mientras que el sistema de calefacción consume menos de 50KWh/m²/año y el total de energía consumida sería de aproximadamente 32 Kwh/m²/año en el caso de un uso intensivo. La estructura está realizada en madera de pino tratado, con columnas de madera dura maciza de bosques tropicales húmedos. El complejo se encuentra cubierto por 8.400 m² de paneles fotovoltaicos que generan 750.000 Kw/h con una potencia total instalada de 1 MW pico. Debido a que el complejo se encuentra ubicado sobre viejas minas de carbón hace uso del gas de mina que produce 1.000.000 de m³/año con el cual se cogenera 2.000.000 kWh de electricidad y 3.000.000 kWh de calefacción distrital para el complejo y las ciudades vecinas. El complejo reduce 12.000 toneladas/año de CO₂ que de otra manera sería enviada a la atmósfera. Es quizás un modelo a seguir en nuestro siglo.



Basados en los conceptos, ideas y ejemplos citados el objetivo principal de este Trabajo Práctico será analizar si la superficie de 400 m² de la azotea alcanza para cubrir total o parcialmente la demanda de agua caliente sanitaria y si los 4000 a 5000 m² de cerramiento vertical podemos utilizarlos para cubrir parte de la demanda de energía en calefacción del invierno. Para esto en el TP1 determinamos la carga térmica de calefacción que aquí usaremos como dato. A esto denominaremos *integración de energías renovables en la arquitectura* comenzando a conocerlas de a poco, como un sistema más de las instalaciones en el diseño ambientalmente consciente de edificios.

- 1) En la primer parte del práctico verificaremos si la superficie de azotea disponible y sin obstáculos o sombras proyectadas por tanques u otras salientes del edificio nos permiten satisfacer total o parcialmente la demanda de agua caliente sanitaria.

Entonces con una insolación media en una superficie inclinada y un ángulo igual a la latitud (35°) se pueden captar en nuestra región unos 5000 Kcal/m² diariamente. Si la eficiencia media de un colector solar plano comercial de doble vidriado alcanza un rendimiento medio de 35% se podrían suministrar unos 1750 Kcal/m². Si estimamos un consumo medio de 50 litros/persona/día, es decir 200 litros/día para una familia de 4 miembros y suponiendo que el agua pasa de 15 a 50°C, las Kcal necesarias al día serían de $200 \times 35 \times 1 = 7000$ Kcal. Si un colector de suministra 1750 Kcal/m² día necesitaríamos 4 m² de superficie de colector. Deberemos a su vez prever una acumulación de agua caliente para al menos 3 días ya que en nuestra región se presentan entre tres y 5 días nublados seguidos. Así deberá contarse con una reserva de agua caliente de 600 litros por unidad habitacional.

En el caso de oficinas el consumo de agua caliente es sensiblemente menor ya que se requieren unos 20 litros por canilla y una canilla (lavatorio) cada 10 personas lo que nos da 100 litros/día para 50 personas a razón de 4 m² de superficie por persona. En este caso las Kcal necesarias al día serían de $100 \times 35 \times 1 = 3500$ Kcal. Si un colector de suministra 1750 Kcal/m² día necesitaríamos 2 m² de superficie de colector. Deberemos a su vez prever una acumulación de agua caliente de 300 litros por unidad piso de oficinas.

Si cada colector tiene una superficie útil de 2 m² determinar que superficie se necesita para cubrir el 100 % de la demanda de agua caliente del edificio y de no poder hacerlo indicar que % de la demanda se cubre con energías renovables y que % con un calentador convencional (calefón, termotanque, caldera, etc.). *Recordar que el colector tiene una pendiente de 35° y está orientado al norte.*

- 2) En la segunda parte del práctico verificaremos si la superficie de fachada disponible nos permiten satisfacer total o parcialmente la demanda de calefacción.

Para esto tendremos como dato que la radiación solar media para las orientaciones E-N-O sobre una superficie vertical es de 2000 W/m^2 o 1720 Kcal h/m^2 y el rendimiento de un colector de aire caliente liviano como el de Odeillo con un forzador eléctrico de 7 W/h tiene un rendimiento del 40%. Determinar que % de la demanda en calefacción puede cubrirse con la superficie opaca disponible, suponiendo que la superficie vidriada no puede ser menor al 20%. Por otra parte consideraremos que el 10% de la demanda de calefacción puede obtenerse de la ganancia directa por ventanas.

Acompañar los cálculos con un esquema de la fachada donde se indiquen las superficies correspondientes a ventanas y colectores entre otros elementos de diseño.